

Objectivos de aprendizagem no ensino da Investigação Operacional

Workshop sobre
o Ensino da Investigação Operacional

José Fernando Oliveira

25 de Fevereiro de 2011

Hotel Quinta das Lágrimas, Coimbra, Portugal

Prefácio

“O erro comum dos sobredotados eruditos,
sem experiência em ensino,
é de esperar que os estudantes saibam o que foi dito.
Mas dizer não é ensinar.”

Thorndike, E.L.. Education: a First Book.
New York, Mac-Millan Co.
(1912, published 1923)

OBJECTIVOS, COMPETÊNCIAS E OBJECTIVOS DE APRENDIZAGEM

O caderno de encargos de uma unidade curricular

Área científica onde se insere

Investigação Operacional

Curso onde se insere

Enquadramento no plano curricular

Ano curricular, precedências e unidades curriculares posteriores.

Objectivos pretendidos

Competências CDIO, descritores de Dublin
e “outcomes” EURO-ACE

Programa sucinto

Objectivos, competências e objectivos de aprendizagem

Objectivos (*program educational objectives*)

Objectivos amplos que derivam dos objectivos definidos para o curso.

Competências (*outcomes*)

Saberes, competências e atitudes que os estudantes devem possuir, após frequentarem com sucesso a unidade curricular.

Objectivos de aprendizagem

(*outcome-related course learning objectives*)

Objectivos relacionados com as competências e que se exprimem como declarações sobre as coisas que os estudantes que frequentam com sucesso a unidade curricular devem ser capazes de fazer, explicar, calcular, deduzir, projectar, etc...

Objetivos

CDIO - ``Conceive - Design - Implement - Operate''

1. Conhecimento técnico e científico

Adquirir, com a necessária proficiência, conhecimentos de ciências básicas e ser capaz de os utilizar na formulação, resolução e discussão de problemas da sua área de formação.

Objectivos

2. Capacidades e atitudes pessoais e profissionais

Adquirir, com a necessária proficiência, capacidades e atitudes pessoais e profissionais, nomeadamente:

2.1. Raciocínio em engenharia e resolução de problemas

- identificação e formulação de problemas

- modelização

- estimação e análise qualitativa

- análise com incerteza

- solução e recomendação

2.2. Experimentação e descoberta do conhecimento

- formulação de hipóteses

- pesquisa de literatura

- inquérito experimental

- teste de hipóteses e defesa

2.3. Pensamento sistémico

- pensamento holístico

- emergência e interacção entre sistemas

- priorização e focagem

- trade-offs, julgamento e balanceamento na resolução

Competências

Identificar e abordar de forma hábil e estruturada problemas de decisão

Esta competência não se “ensina” mas resultará da sucessiva exposição dos estudantes aos diversos tipos de problemas de decisão e métodos de resolução. Contribuirá muito para esta competência uma componente de avaliação distribuída.

Construir modelos de problemas de decisão

Para todos os problemas de decisão abordados trabalha-se a componente de modelização, isto é, sempre partimos de descrições mais ou menos realistas e mais ou menos complexas de problemas reais ou, pelo menos, verosímeis, e passamos pelos modelos específicos de cada tipo de problema.

Usar métodos quantitativos na obtenção de soluções para os modelos construídos, como suporte para decisões fundamentadas

Esta competência está relacionada com os diversos algoritmos e métodos de resolução para os diversos tipos de problemas. Vai no entanto mais longe, ao pretender distinguir a solução de um problema da decisão que essa solução pode fundamentar.

Competências

Usar folhas de cálculo para análise e obtenção de soluções para os modelos construídos

Para diversos tipos problemas trabalha-se a construção de modelos em folhas de cálculo e a resolução automática dos mesmos.

Começar a usar a informação extraída dos modelos para induzir e motivar mudanças organizacionais

É extremamente ambicioso, no contexto de uma unidade curricular que se situe do 1º ciclo, ou mesmo do 2º ciclo, pretender que os estudantes consigam usar as restantes competências em contextos de mudanças organizacionais. No entanto, sem este objectivo utópico, corre-se o risco de reduzir a Investigação Operacional a um conjunto de modelos matemáticos e de algoritmos informáticos, perdendo-se a sua essência sistémica. A ambição é limitada pela utilização dos verbos “induzir” e “motivar”, mas sobretudo pela noção de início dos inícios que “começar a usar” traduz.

Objectivos de aprendizagem

Os objectivos de aprendizagem estão focados no que o estudante deve atingir, mais do que nas intenções do professor, e que deve poder demonstrar no fim de uma actividade de aprendizagem.

Declan Kennedy, Áine Hyland and Norma Ryan,
Writing and Using Learning Outcomes: a Practical Guide,
in *EUA Bologna Handbook - Making Bologna work*,
disponível em <http://www.bologna-handbook.com/>

Objetivos de aprendizagem

*Learning outcomes are verifiable statements of what learners who have obtained a particular qualification, or completed a programme or its components, are expected to **know, understand and be able to do.***

*As such **they emphasise the link between teaching, learning and assessment.***

*Learning outcomes statements are typically characterised by the use of **active verbs** expressing knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis and evaluation, etc.*

*The use of learning outcomes makes the objectives of learning programmes **clearer and more easily understood for students, employers and other stakeholders.***

Objetivos de aprendizagem

Learning outcomes can:

*Help to **guide students in their learning** in that they explain what is expected of them, in turn helping them to succeed in their studies.*

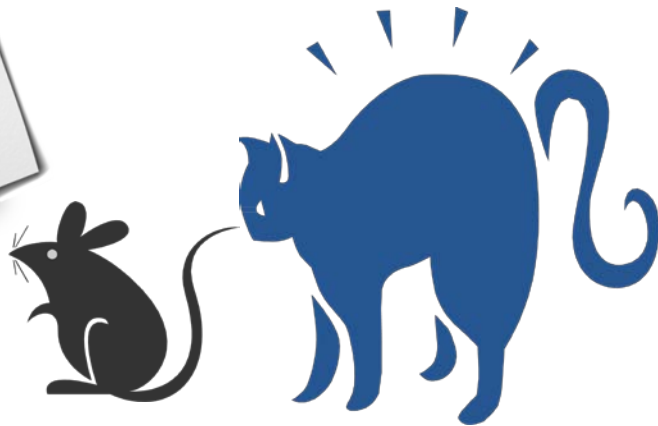
*Help **staff to focus** on exactly what they want students to achieve in terms of both knowledge and skills.*

*Provide a useful guide to **inform potential candidates and employers** about the general knowledge and understanding that a graduate will possess.*

Guide to learning outcomes - Staff and Student Development
Department, UCE Birmingham, 2007

Objectivos de aprendizagem

Os objectivos de aprendizagem devem ser suficientemente detalhados para que possam funcionar para o estudante como uma “checklist” dos seus conhecimentos e competências antes de uma avaliação.



Taxonomia de Bloom

Hierarquia para o domínio cognitivo (afectivo, psicomotor)

Avaliação

Julgar criticamente baseado em conhecimento

Síntese

Projectar e planear

Análise

Explicar, interpretar e prever

Aplicação

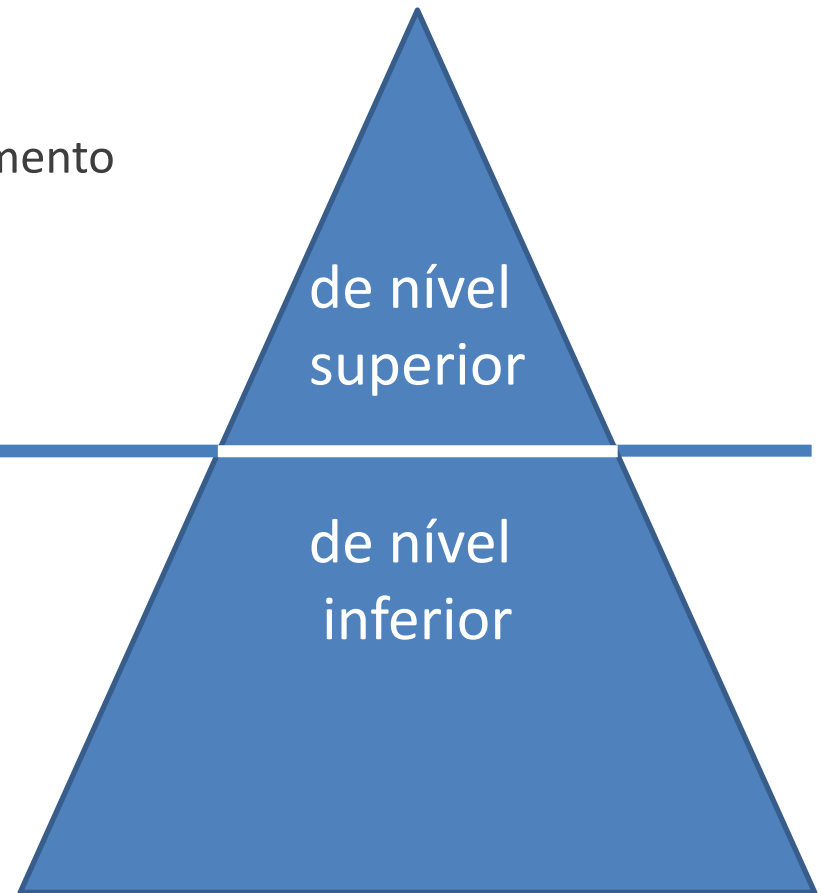
Aplicar procedimentos conhecidos a problemas desconhecidos

Compreensão

Explicar informação importante

Conhecimento

Lembrar informação importante



Competências intelectuais

Objectivos de aprendizagem

				Síntese	Avaliação
				organizar	valorar
				planear	estimar
		Aplicação	Análise		
	Compreensão	empregar	distinguir		
Conhecimento	redefinir	aplicar	calcular		
lembrar	discutir				
repetir					
					Julgar criticamente baseado em conhecimento

Lembrar informação importante

Explicar, interpretar e prever

Explicar informação importante

Projectar e planear

Aplicar procedimentos conhecidos a
problemas desconhecidos



Objectivos de aprendizagem

					Avaliação
				Síntese	julgar
			Análise	compor	estimar
		Aplicação	distinguir	planear	avaliar
	Compreensão	interpretar	analisar	propor	classificar
Conhecimento	traduzir	aplicar	diferenciar	projectar	comparar

Lista não exaustiva

O mesmo verbo surge em mais do que um nível cognitivo

Diferentes matizes da linguagem humana

Diferentes níveis de profundidade

Diferentes contextos

sublinhar	localizar	escalonar	debater	gerir
	reportar	esboçar	questionar	preparar
	rever		relatar	
	dizer		resolver	
			examinar	
			categorizar	

Objectivos de aprendizagem

				Síntese	Avaliação
			Análise	compor	julgar
		Aplicação	distinguir	planear	estimar
Conhecimento	Compreensão	interpretar	analisar	propor	avaliar
definir	traduzir	aplicar	diferenciar	projectar	classificar
repetir	redefinir	empregar	calcular	formular	comparar
registar	discutir	usar	experimentar	organizar	rever
listar	descrever	demonstrar	testar	montar	valorar
lembrar	reconhecer	dramatizar	comparar	coligir	estimar
nomear	explicar	praticar	contrastar	construir	
relatar	expressar	ilustrar	criticar	criar	
sublinhar	identificar	operar	inspeccionar	organizar	
	localizar	escalonar	debater	gerir	
	reportar	esboçar	questionar	preparar	
	rever		relatar		
	dizer		resolver		
			examinar		
			categorizar		

Não são objectivos de aprendizagem

No fim da unidade curricular o estudante terá que:

Saber...

Ter aprendido...

Apreciar...

Compreender...

São metas importantes mas não são directamente observáveis, logo **não são** objectivos de aprendizagem.

Objectivos de aprendizagem em

INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

Modelização de problemas de PL e PI

Conteúdos programáticos

A formulação de modelos matemáticos em Investigação Operacional: princípios e procedimentos.

Modelização com variáveis binárias.

Utilização de variáveis binárias para a implementação de operações lógicas entre restrições.

Estudo de casos.

Modelização de problemas de PL e PI

Objectivos de aprendizagem

Dado um enunciado com a descrição de um problema, **formular** esse problema através de uma função objectivo e de um conjunto de restrições lineares, quer com variáveis contínuas, inteiras ou binárias.

Utilizar variáveis binárias como variáveis auxiliares para **formular** situações diferentes da simples conjunções de restrições, como:

- disjunção de restrições

- implicação de restrições

- valores mínimos para variáveis (e.g. ou vale zero ou é maior que...)

Descrever o que significam e fazem um conjunto de restrições, no contexto de um problema concreto.

Programação Linear

Conteúdos programáticos

A PL como caso particular da Programação Matemática

Formas do problema de PL e sua equivalência

Resolução gráfica. Introdução dos conceitos de:

- Região admissível

- Restrições redundantes

- Restrições activas

- Soluções óptimas alternativas

- Problemas impossíveis e problemas ilimitados

- Análise de sensibilidade

Abordagem algébrica à resolução de problemas de PL

Relação entre as duas abordagens: o teorema fundamental da PL

Motivação para o método simplex

Método simplex

Método das penalidades para a determinação de uma base inicial admissível.

Utilização do "Solver" do Microsoft Excel para a resolução de problemas de PL.

Programação Linear

Objectivos de aprendizagem

Resolver graficamente um problema de programação linear com duas variáveis.

Fazer uma análise de sensibilidade aos coeficientes da função objectivo e aos lados direitos das restrições (termos independentes) com base na resolução gráfica do problema. **Determinar** quando a solução óptima não é única.

Interpretar os relatórios de resolução e de análise de sensibilidade produzidos pelo Solver do Microsoft Excel.

Relacionar vértices da região admissível, numa representação gráfica, e soluções básicas de um sistema de equações, numa representação algébrica de um problema de programação linear.

Programação Linear

Objectivos de aprendizagem

Reconhecer e **utilizar** os conceitos de variável básica e não básica, solução admissível e não admissível, solução óptima, restrição redundante e restrição activa.

Resolver problemas de programação linear de maximização e minimização pelo método simplex, nomeadamente:

- determinar uma solução inicial, incluindo a utilização do método do "Big-M" quando é necessário utilizar variáveis artificiais.

- inserir uma variável na base.

- retirar uma variável da base.

- reconhecer quando uma solução é óptima.

- reconhecer quando uma solução não é única.

- reconhecer quando um problema é ilimitado ou impossível.

Determinar os efeitos e impactos na solução óptima de introduzir novas restrições ou retirar restrições já existentes num problema.

OBJECTIVOS DE APRENDIZAGEM E AVALIAÇÃO

Avaliar...

Avaliar o que se ensina

A common and unfortunate practice is to give fairly straightforward examples in lecture and homework and then to put high-level analysis problems or problems with unexpected twists on the test, with the argument that “we need to teach students to think for themselves”.

People acquire skills through practice and feedback, period.

Avaliar...

Construir problemas com várias partes, tão independentes quanto possível.

Tanto quanto possível, endereçar em cada exame os vários níveis da taxonomia de Bloom.

Minimizar a rapidez, enquanto factor para o sucesso.

Resolver SEMPRE os exames de princípio a fim depois de os ter finalizado.

Se os resultados não são tão bons como se esperava, talvez a culpa esteja também na avaliação...

Exemplo

Formulação de modelos de programação linear

Conhecimento

Defina o conceito de variável de decisão, restrição e função objectivo.

Exemplo

Formulação de modelos de programação linear

Compreensão

Considere o seguinte problema (de mistura de produtos):

A companhia Electro & Domésticos pretende escalonar a produção de um novo apetrecho de cozinha que requer dois recursos: mão-de-obra e matéria-prima. A companhia considera a hipótese de produzir 3 modelos diferentes, tendo o seu departamento de engenharia fornecido os dados representados na tabela 1

Modelo	A	B	C
Mão-de-obra (horas por unidade)	7	3	6
Matéria-prima (quilos por unidade)	4	4	5
Lucro (€por unidade)	4	2	3

Tabela 1: Dados fornecidos pelo departamento de engenharia

O fornecimento de matéria-prima está limitado a 200 quilos/dia. Por dia estão disponíveis 150 horas de trabalho. O objectivo é maximizar o lucro total. Formule o modelo que permitiria resolver este problema.

Explique por palavras próprias o que se decide neste problema, quais as restrições a essas decisões e qual o objectivo do problema.

Exemplo

Formulação de modelos de programação linear

Aplicação

Como sabemos, um problema de mistura de produtos tem o seguinte modelo de programação linear:

$$\begin{aligned} \max Z &= \sum_i p_i \times x_i \\ \text{sujeito a} \quad & \sum_i a_{ij} \times x_i \leq b_j \quad \forall_j \\ & x_i \geq 0, \quad \forall_i \end{aligned}$$

Escreva este modelo aplicado ao seguinte problema de planeamento da produção:

A companhia Electro & Domésticos pretende escalonar a produção de um novo apetrecho de cozinha que requer dois recursos: mão-de-obra e matéria-prima. A companhia considera a hipótese de produzir 3 modelos diferentes, tendo o seu departamento de engenharia fornecido os dados representados na tabela 1

Modelo	A	B	C
Mão-de-obra (horas por unidade)	7	3	6
Matéria-prima (quilos por unidade)	4	4	5
Lucro (€ por unidade)	4	2	3

Tabela 1: Dados fornecidos pelo departamento de engenharia

O fornecimento de matéria-prima está limitado a 200 quilos/dia. Por dia estão disponíveis 150 horas de trabalho. O objectivo é maximizar o lucro total. Formule o modelo que permitiria resolver este problema.

Exemplo

Formulação de modelos de programação linear

Análise

Considere o problema descrito no início desta pergunta, assim como as variáveis de decisão definidas na alínea anterior. O que faria a seguinte restrição, quais seriam os seus efeitos?

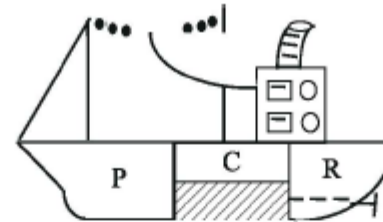
$$\sum_j (t_{ij} \times x_{ij}) \leq C \quad \forall_i$$

Exemplo

Formulação de modelos de programação linear

Síntese

Construa um modelo de programação linear para o seguinte problema:



Uma companhia de navegação possui um navio com 3 porões de carga (à proa, à ré e ao centro) possuindo os limites de capacidade apresentados na tabela 3:

Porão	Tonagem (toneladas)	Volume (m^3)
Proa	2000	100000
Centro	3200	14000
Ré	1800	80000

Tabela 3: Limites de capacidade (em tonelagem e em volume) de cada um dos porões

À empresa são oferecidas as cargas da tabela 4, cada uma das quais pode ser aceite parcial ou totalmente:

Carga	Peso (toneladas)	Volume por tonelada ($\frac{m^3}{tonelada}$)	Lucro ($\frac{escudos}{tonelada}$)
A	7000	60	20
B	6500	50	24
C	4000	25	16

Tabela 4: Peso, volume e lucro associados a cada carga

A fim de preservar o equilíbrio do navio, a proporção entre o peso em cada porão e o volume respectivo deve ser a mesma que entre os correspondentes limites de capacidade. Admita que em cada porão podem ser transportadas partes de cargas diferentes. Pretende-se maximizar o lucro da empresa, relativo à utilização deste navio.

Exemplo

Formulação de modelos de programação linear

Avaliação

Relativamente ao modelo que construiu na alínea anterior, apresente as assumpções e pressupostos que fez e discuta o seu realismo.

Exponha ainda alternativas a esses pressupostos e discuta o seu impacto no modelo e na solução do problema.

Dada a aplicação concreta subjacente a este problema, discuta a fiabilidade que esperaria para os dados de que necessita e qual a dificuldade esperada na sua obtenção.

Exercício

Formulação de modelos de programação linear

No dia 18 de Dezembro de 2010, depois do maior nevão dos últimos 30 anos em Londres, o aeroporto de Heathrow foi encerrado. Todos os procedimentos de limpeza de pistas e de parques de aviões foram postos em marcha...



Avaliação e a escala de Bloom

Formulação de modelos de programação linear

Conhecimento

O que são variáveis de decisão, restrições e funções objectivo.

Compreensão

Descrever por palavras próprias, o que se decide no problema, quais são as restrições e qual é objectivo.

Aplicação

Identificar, de um conjunto limitado de restrições tipificadas, a que se aplica numa situação concreta.

Dado um modelo e um problema, instanciar o modelo a esse problema.

Avaliação e a escala de Bloom

Formulação de modelos de programação linear

Análise

Explicar o que faz e como funciona um conjunto de restrições que é dado, e.g., sob a forma algébrica.

Construir uma solução concreta para o modelo obtido.

Síntese

Construir o modelo completo e funcional, com todas as restrições e a função objectivo do problema (descrição algébrica ou em folha de cálculo).

Avaliação

Discutir as vantagens e desvantagens do modelo formulado, num contexto de aplicação prática ou quando comparado com outras formulações alternativas, e o realismo das assunções feitas.

ALGUMA PRÁTICA...

Escreva objectivos de aprendizagem

Método de “branch-and-bound”

Problemas de transportes

Problemas de afectação

Problemas de fluxo máximo

Problemas de caminho mínimo

Planeamento e controlo de projectos (PERT/CPM)

Teoria da Decisão

Filas de espera



CONCLUINDO...

Objectivos (de aprendizagem)

No fim desta sessão, os participantes deverão ser capazes de:

Enunciar uma definição para objectivos de aprendizagem.

Distinguir entre objectivos, competências e objectivos de aprendizagem.

Reconhecer a importância dos objectivos de aprendizagem para o sucesso dos estudantes e a organização interna do docente.

Escrever objectivos de aprendizagem.

Avaliar a conformidade de objectivos de aprendizagem que lhe sejam apresentados.